

5

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-096334

(43)Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl.

G06T 1/00
G06T 5/20
// G02B 21/36

(21)Application number : 09-251923

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 17.09.1997

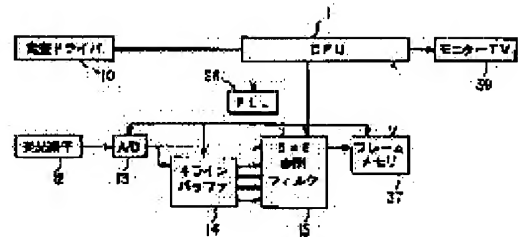
(72)Inventor : MATSUZAWA TOSHIKI

(54) IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an image close to the luminance distribution of a sample by providing a restored image based on the method of no proximity through spatial filtering processing to image data successively outputted from a preserving means and a converting means.

SOLUTION: A 4-line buffer 14 and a spatial filter 15 are connected through an A/D converter 13 to the output terminal of a photodetector 12. Then, the 4-line buffer 14 successively fetches image data from the A/D converter 13 and temporarily preserves image data for a prescribed size, namely, sends image data, which are respectively delayed just for one line, two lines, three lines and four lines, from the 2nd line to the 5th line to the spatial filter 15 and the spatial filter 15 presets a coefficient based on the method of no proximity so as to obtain the restored image based on the method of no proximity through the spatial filtering processing to the image data successively outputted from the 4-line buffer 14 and the A/D converter 13.



1055070 (5)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-96334

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 6 T 1/00
5/20
// G 0 2 B 21/36

F I
G 0 6 F 15/62 3 8 0
G 0 2 B 21/36
G 0 6 F 15/68 4 0 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-251923
(22) 出願日 平成9年(1997) 9月17日

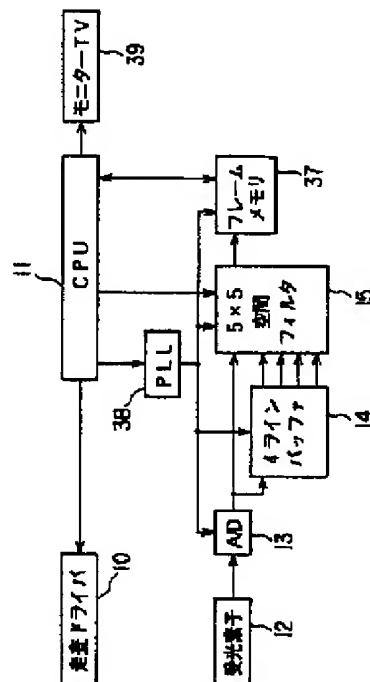
(71) 出願人 000000376
オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(72) 発明者 松沢 聡明
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、画像をリアルタイムに復元処理し、試料の輝度分布に近い画像を得る。

【解決手段】 画像データを4ラインバッファ14で逐次取り込んで所定サイズ分の画像データを一時保存し、復元の処理における無近接法に基づく係数マトリックスkが予め設定された空間フィルタ15により4ラインバッファ14から逐次出力される画像データに対して空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像fを得る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮像装置から逐次出力される画像信号を逐次画像データに変換する変換手段を有し、この画像データに対して復元の処理を実行して前記画像データのボケを除去した復元像を得る画像処理装置において、前記画像データを逐次取り込んで所定サイズ分の画像データを一時保存する保存手段と、前記復元の処理における無近接法に基づく係数が予め設定され、前記保存手段と前記変換手段から逐次出力される前記画像データに対して空間フィルタ処理して前記無近接法に基づく前記復元像を得る空間フィルタと、を具備したことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 前記空間フィルタは、前記保存手段と前記変換手段から出力される前記画像データを g 、ディラックのデルタ関数を δ 、点像分布関数の理論値を h 、定数を c_1 、 c_2 とすると、

$$g * \{c_2 (\delta - 2c_1 h)\}$$

但し、 $*$ は畳み込み積分を表す空間フィルタ処理して前記無近接法に基づく前記復元像を得る機能を有することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば光学顕微鏡等の光学機器の観察により得られる画像データの光学機器によるボケを簡易的に除去して画質を改善した復元像を得る画像処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 物体を光学顕微鏡等の光学機器で観察した画像は、元の物体に比べて光学機器によるボケの分だけ画質が劣化する。このようなボケのある画像から数値計算により光学機器のボケを取り除き、理想的な画像を得る技術は、像の復元或いはデコンボリューション (deconvolution) と呼ばれている。

【0003】 これと同様な処理に像の強調があるが、い

$$f_i = c_2 [g_i - c_1 (g_{i-1} + g_{i+1})] * h \quad \dots (1)$$

という画像演算により求めるものである。

【0009】 ここで、 c_1 、 c_2 はボケの除去を調整するパラメータ、 h は i 番目の画像データに点像分布関数 P S F の中心をおいたときの上下の各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} における点像分布関数 P S F の値である。そして、 $*$ は畳み込み積分を表す。

【0010】 このような復元アルゴリズムにおいて、積層画像の深さ方向のサンプリング間隔が適度に小さい

$$f_i = c_2 [g_i - 2c_1 (g_i * h)] \quad \dots (2)$$

の画像演算を行って求められる。この無近接法では、上下の近接画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} を参照する必要がないので、積層画像でない 1 枚の画像データに対しても処理できる。

【0012】 点像分布関数 P S F の値 h は、一般に理論値が用いられる。この値の小さい部分を切り捨てると、

*ずれにしても画像のコントラストを改善する技術であ

り、これらは復元が元の物体の輝度分布を正確に再現することを目的とし、強調がそれにとられず観察したい部分を明瞭にすることを目的とするところに違いがある。

【0004】 ところで、光学顕微鏡により試料に対して深さ方向を等間隔で変位させながら撮像し、3次元画像 (積層画像) を得る方法を光学切片法 (optical sectioning) という。

【0005】 このように積層画像を得た場合、光学顕微鏡のボケ (点像分布関数: P S F) は、図 5 に示すように各画像 g_{i-1} 、 g_i 、 g_{i+1} において水平方向 (xy 方向) に比べて深さ方向 (z 方向) に大きく広がっている。積層画像の中の各画像 g_{i-1} 、 g_i 、 g_{i+1} は、試料の輝度分布を正確に反映した断面にはならず、例えば画像 g_i ではその上下の各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} から漏れてくるボケが重畳している。

【0006】 このような積層画像から簡易的にボケを除去する復元アルゴリズムの 1 つに最近接法 (nearest neighbor algorithm) がある。この最近接法としては、例えば、D. A. Agard, "Optical Sectioning Microscopy: Cellular Architecture in Three Dimensions", Ann. Rev. Biophys. Bioeng. Vol. 13, p. 191-219, (1984) 及び D. A. Agard et al., "Fluorescence Microscopy in Three Dimensions", Methods in Cell Biology Vol. 30, p. 353-377, (1989) を参照。

【0007】 この最近接法は、対象となる例えば 1 枚の画像 g_i の上下に隣接する各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} からの影響だけを除去し、それに比べて影響の小さい他の平面からの寄与は無視するものであり、近似の度合いに応じて何種類かの最近接法アルゴリズムが提案されている。

【0008】 最も簡単な例は、復元像 f_i を i 番目の積層画像 g_i 及びその上下の各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} から、

※と、 i 番目の積層画像 g_i とその上下の各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} とは殆ど同じ画像になる。そこで、上下の各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} も i 番目の積層画像 g_i で兼用して最近接法を行っても、上下の各画像 g_{i-1} 、 g_{i+1} から侵入するボケを疑似的に除去することができる。この復元アルゴリズムは無近接法 (no-neighbor algorithm) と呼ばれる。

【0011】 この無近接法による復元像 f_i は、

通常マトリックス $5 \times 5 \sim 11 \times 11$ の大きさになる。従って、この点像分布関数 P S F の値 h と積層画像 g_i の畳み込み積分は、 h を係数マトリックスとした空間フィルタ処理となる。一般的に強調手段である空間フィルタ処理と異なり、無近接法では係数マトリックスの大きさや値が点像分布関数 P S F の理論値で常に最適化され

る長所がある。

【0013】このような無近接法を適用した例として図6に示す構成の共焦点レーザ走査顕微鏡(CLSM)がある。CPU1は、走査ドライバ2を駆動してレーザ光の収束光を試料上に走査する。このとき、フォトマル等の受光素子3は、試料からの戻り光を受光ピンホールを通して受光して光電変換し、その画像信号として出力する。この画像信号は、A/Dコンバータ4でデジタル化され、CPU1によりサンプリングされて画像データとして一旦メモリ5に保存される。

【0014】次に、CPU1は、一旦メモリ5に保存された画像データを読み出し、上記式(2)の画像演算を実行して復元像 f_i を得、これをモニタテレビジョン6に表示する。このような処理により、試料の輝度分布に近くコントラストの高い画像が得られる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】以上のように無近接法は、画像データが1枚であっても光学機器の点像分布関数PSFに基づいた3次元的な復元を簡易に実施できるが、他の復元と同様に画像データを一旦メモリ5に保存し、この後にメモリ5から画像データを読み出して画像演算を行って復元像 f_i を得るために、リアルタイムの観察には利用できない。

【0016】本来、共焦点レーザ走査顕微鏡は、深さ方向の分解能が高いので、試料の3次元輝度分布を忠実に再現できる特徴があるが、試料からの戻り光が弱い場合、受光側のピンホール径を大きくして光量不足を補う必要がある。

【0017】このようにピンホール径を大きくすることは、深さ方向の分解能の低下を伴うため、像は明るくなるが、コントラストが低下して不明瞭になってくる。これを無近接法などの復元で補い、試料の輝度分布に近い像にするには、上記の通り画像データを一旦メモリ5に保存し、この後にメモリ5から画像データを読み出して画像演算を行って復元像 f_i を得るしかなかった。

【0018】又、単に画像データを明瞭に映し出すために映像信号を強調して表示する方法もあるが、この場合、表示される画像が実際の輝度分布を忠実に再現する保証はない。

【0019】なお、広視野の光学顕微鏡の場合、元々深さ方向の分解能が低いため、何等かの復元を行わないと、正確な断面輝度分布は得られない。そこで本発明は、画像をリアルタイムに復元処理し、試料の輝度分布に近い画像を得ることができる画像処理装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】請求項1によれば、撮像装置から逐次出力される画像信号を逐次画像データに変換する変換手段を有し、この画像データに対して復元の処理を実行して画像データのボケを除去した復元像を得

る画像処理装置において、画像データを逐次取り込んで所定サイズ分の画像データを一時保存する保存手段と、復元の処理における無近接法に基づく係数が予め設定され、保存手段と変換手段から逐次出力される画像データに対して空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像を得る空間フィルタと、を備えた画像処理装置である。

【0021】請求項2によれば、請求項1記載の画像処理装置において、空間フィルタは、保存手段と変換手段から出力される画像データを g 、ディラックのデルタ関数を δ 、点像分布関数の理論値を h 、定数を c_1 、 c_2 とすると、

$$g * \{c_2 (\delta - 2c_1 h)\}$$

但し、 $*$ は畳み込み積分を表す空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像を得る機能を有する。

【0022】

【発明の実施の形態】

(1) 以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は共焦点レーザ走査顕微鏡に適用した画像処理装置の構成図である。走査ドライバ10は、CPU11の管理下で共焦点レーザ走査顕微鏡の走査系を制御するものである。走査系は、レーザ光源から出力されたレーザ光をガルバノミラー等によりレーザの収束光を試料の表面や内部を2次元的に走査(raster scanning)する。

【0023】一方、受光素子12は、走査ドライバ10でレーザ光の収束光を試料の表面や内部に2次元的に走査したときに、試料からの微弱な戻り光を共焦点レーザ走査顕微鏡の受光ピンホールを通して受光し、光電変換してその画像信号を得るもので、例えば光電子増倍管(PMT)が用いられている。

【0024】この受光素子12の出力端子には、受光素子12からの画像信号をデジタル化して画像データを得るA/Dコンバータ13を介して4ラインバッファ14及び5×5マトリックスの空間フィルタ15が接続されている。

【0025】4ラインバッファ14は、A/Dコンバータ13からの画像データを逐次取り込んで所定サイズ分の画像データを一時保存、すなわち1ライン分、2ライン分、3ライン分、4ライン分だけそれぞれ遅延された第2ラインから第5ラインまでの各画像データを空間フィルタ15に送出する保存手段としての機能を有している。

【0026】空間フィルタ15は、復元の処理における無近接法に基づく係数が予め設定され、4ラインバッファ14とA/Dコンバータ13から逐次出力される画像データに対して空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像を得る機能を有している。

【0027】図2はかかる空間フィルタ15の具体的な構成図である。この空間フィルタ15は、第1ラインから第5ラインの各行に対応する第1から第5のブロック

5

15-1~15-5に分割され、このうち第1のブロック15-1にはA/Dコンバータ13から出力される画像データがそのまま入力され、第2~第5のブロック15-2~15-5には4ラインバッファ14で1ライン分から4ライン分まで順次遅延された画像データがそれぞれ入力されるものとなっている。

【0028】これら第1~第5のブロック15-1~15-5の構成は同一であり、第1のブロック15-1を参照して各ブロック15-1~15-5の構成について説明する。

【0029】第1のブロック15-1は、直列に接続された5つのデータラッチ回路16~20を備え、このうち入力側端部に接続されたデータラッチ回路16にA/Dコンバータ13が接続されている。これにより、第1*

$$f = g * k$$

$$\text{但し、} k = c_2 (\delta - 2 c_1 h)$$

に変形する。

【0032】ここで、 δ はディラックのデルタ関数であり、この場合、図3(a)に示すように中心だけが「1」で他の係数が「0」のm行n列マトリックスである。なお、m、nは奇数である。

【0033】点像分布関数PSFの理論値hには、光の※

$$h_{ij} = h(i \cdot \Delta x, j \cdot \Delta y, \Delta z)$$

と求め、続いて全要素の和が「1」になるように規格化する。但し、 Δx と Δy とは、画像データの縦横のサンプリング間隔であり、 Δz は上下の近接画像データとの仮想的な間隔である。この Δz には焦点深度程度の値が設定される。

【0034】2つのパラメータ(定数) c_1 、 c_2 は、それぞれ0.45と1.0程度の値が効果的である。なお、無近接法の効果は、 Δz 及び c_1 、 c_2 により変化するので、処理された画像を見ながら最適な値に調整する必要がある。

【0035】従って、以上のような上記式(4)に示す計算がCPU11において行われ、これにより求められた係数マトリックスkが各係数レジスタ21~25に設定される。

【0036】これら係数レジスタ21~25には、それぞれ係数ラッチ回路26~30を介して各乗算部31~35が接続されている。このうち各係数ラッチ回路26~30は、それぞれ外部例えばCPU11からの係数変更信号を受けて各係数レジスタ21~25に設定されている係数マトリックスkをラッチして各乗算部31~35に送出する機能を有している。

【0037】これら乗算部31~35は、各データラッチ回路16~20によりラッチした連続する5つの画素データに対してそれぞれ各係数ラッチ26~30でラッチした係数マトリックスkを乗算し、その乗算信号を加算器36に送る機能を有している。

6

*のブロック15-1に入力した1ライン目の画像データは、5つのデータラッチ回路16~20の間を1画素ずつシフトし、1ラインで連続する5つの画素データが第1のブロック15-1に保持されるものとなっている。

【0030】又、第1のブロック15-1には、5つの係数レジスタ21~25が備えられている。これら係数レジスタ21~25は、それぞれCPU11からデータバスを通して復元の処理における無近接法に基づく係数、すなわち係数マトリックスが予め設定されるものとなっている。

10

【0031】すなわち、1回の空間フィルタ処理で無近接法を実現するためには、復元像fを示す上記式(2)を、

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

※波長や共焦点レーザ走査顕微鏡の対物レンズ開口数、受光ピンホール径などを考慮したPSF理論値が用いられる。この点像分布関数PSFの理論値hは、図3(b)に示すように5行5列マトリックス $h = [h_{ij}]$ の各要素 h_{ij} ($i, j = -2, \dots, 2$)を、3次元点像分布関数PSFの理論値 $h(x, y, z)$ より、

$$\dots (5)$$

【0038】この加算器36は、第1~第5のブロック15-1~15-5から出力される各乗算信号を加算し、空間フィルタ出力としてフレームメモリ37に送出する機能を有している。

30

【0039】位相同期ループ(PLL)38は、試料に対するレーザ収束光の走査に同期させるためにCPU11から出力される同期信号に基づいてA/Dコンバータ13、4ラインバッファ14、空間フィルタ15及びフレームメモリ37を動作管理する機能を有している。

【0040】上記CPU11は、上記の如く上記式(4)に示す計算を演算して係数マトリックスkを求めて各係数レジスタ21~25に設定し、かつフレームメモリ37から画像データを読み出し、これをモニタテレビジョン39に表示する機能を有している。

40

【0041】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。まず、共焦点レーザ走査顕微鏡の対物レンズ開口数などを基にしてCPU11は、上記式(4)に示す計算を行って係数マトリックス $k = c_2 (\delta - 2 c_1 h)$ を求め、この係数マトリックスkを各係数レジスタ21~25に設定する。

【0042】次に、共焦点レーザ走査顕微鏡は、CPU11の指示によって走査ドライバ10を駆動し、レーザ光源から出力されたレーザ光をガルバノミラー等によりレーザの収束光を試料の表面や内部を2次的に走査する。

50

【0043】このようにレーザ光の収束光を試料の表面

や内部に2次元的に走査したとき、共焦点レーザ走査顕微鏡の受光ピンホールを通過した試料からの微弱な戻り光を受光素子12で受光し、光電変換してその画像信号を出力する。

【0044】この受光素子12から出力された画像信号は、A/Dコンバータ13によりデジタル化され、画像データとして4ラインバッファ14及び空間フィルタ15に送られる。

【0045】4ラインバッファ14は、A/Dコンバータ13からの画像データを逐次取り込み、1ライン分、2ライン分、3ライン分、4ライン分だけそれぞれ遅延して第2ラインから第5ラインまでの画像データを空間フィルタ15に送出する。

【0046】この空間フィルタ15は、復元の処理における無近接法に基づく係数を用い、4ラインバッファ14とA/Dコンバータ13から逐次出力される画像データに対して空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像を得る。

【0047】すなわち、図2に示すように空間フィルタ15において、第1のブロック15-1にはA/Dコンバータ13から出力される画像データがそのまま入力し、第2～第5のブロック15-2～15-5には4ラインバッファ14で1ライン分から4ライン分まで順次遅延された画像データがそれぞれ入力する。

【0048】このうち第1のブロック15-1では、入力側端部に接続されたデータラッチ回路16から1ライン目の画像データを入力し、この画像データを5つのデータラッチ回路16～20の間で1画素ずつシフトし、1ラインで連続する5つの画素データを保持する。

【0049】又、各係数ラッチ回路26～30は、それぞれ外部例えばCPU11からの係数変更信号を受けて各係数レジスタ21～25に設定されている係数マトリックスkをラッチして各乗算部31～35に送出する。

【0050】しかるに、各乗算部31～35は、各データラッチ回路16～20によりラッチした連続する5つの画素データを受け取るとともに各係数ラッチ回路26～30にラッチされている係数マトリックスkを受け取り、これら画素データと係数マトリックスkとを乗算し、その乗算信号を加算器36に送る。

【0051】第2～第5のブロック15-2～15-5においても第1のブロック15-1と同様の動作が行われ、連続する5つの画素データと各係数マトリックスkとの乗算信号が加算器36に送られる。

【0052】この加算器36は、第1～第5のブロック15-1～15-5から出力される各乗算信号を加算し、空間フィルタ出力としてフレームメモリ37に送出し、蓄積する。

【0053】1ライン部の処理が終了したら、4ラインバッファ14のラインデータを1ラインずつ下にシフトして、再び次の1ラインの画像データを処理する。共焦

点レーザ走査顕微鏡による1画面分の走査が終了すると、CPU11は、フレームメモリ37から画像データを読み出し、モニタテレビジョン39に表示する。この表示画面は次のフレームメモリ37からの画像データの読み出しまで保持される。

【0054】以下、CPU11から停止の指示があるまで試料の走査と画像の表示とが繰り返される。なお、係数マトリックスkを変更する場合は、新たな係数マトリックスkをCPU11から各係数レジスタ21～25に送り、さらにCPU11から係数変更信号を空間フィルタ15の各係数ラッチ回路26～30に送ることにより、これら係数ラッチ回路26～30で新たな係数マトリックスkをラッチする。

【0055】このように上記第1の実施の形態においては、画像データを4ラインバッファ14で逐次取り込んで所定サイズ分の画像データを一時保存し、復元の処理における無近接法に基づく係数マトリックスkが予め設定された空間フィルタ15により4ラインバッファ14から逐次出力される画像データに対して空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像fを得るようにしたので、画像をリアルタイムに復元処理し、試料の輝度分布に近い画像をモニタテレビジョン39に表示できる。従って、共焦点レーザ走査顕微鏡の受光ピンホール径を大きくしても、コントラストが高く、実際の試料の輝度分布に近い断面像を観察できる。

【0056】又、1周期の動作毎に、試料を深さ方向に一定量ずつ変位させれば、無近接法処理された積層画面を得ることができ、それを画像ファイルとして保存しておけば、後に改めて画像処理する必要がなくなる。

【0057】なお、上記第1の実施の形態は、次の通りに変形してもよい。例えば、A/Dコンバータ13の代わりに、CPU11から4ラインバッファ14と空間フィルタ15とに生画像データを供給するように変更することは容易であり、このように構成すると、未処理のまま保存された画像データを空間フィルタ15を利用して高速に無近接法処理することができる。

【0058】又、点像分布関数PSFの理論値hの実測値があれば、理論値の代わりに用いてもよい。

(2) 次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0059】図4は通常の広視野光学顕微鏡に適用した本発明による画像処理装置の構成図である。撮像素子40は、例えば光学顕微鏡の観察像を撮像するモノクロームのCCD素子から構成されている。この撮像素子40から出力される画像信号は、A/Dコンバータ13でデジタルの画像データに変換され、4ラインバッファ14及び空間フィルタ15に送られるようになっている。

【0060】一方、空間フィルタ15の出力側に接続されるD/Aコンバータ41は、空間フィルタ15で空間

フィルタ処理された画像データをアナログの画像信号に変換し、モニタテレビジョン39に送出する機能を有している。

【0061】又、同期分離回路42は、撮像素子40から出力される画像信号から同期信号を分離し、この同期信号を位相同期ループ38に送り、A/Dコンバータ13、4ラインバッファ14、空間フィルタ15及びD/Aコンバータ41を動作管理させるものとなっている。

【0062】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。まず、広視野顕微鏡の対物レンズ開口数などを基にしてCPU11は、上記式(4)に示す計算を行って係数マトリックス $k = c_2 (\delta - 2c_1 h)$ を求め、この係数マトリックス k を各係数レジスタ21～25に設定する。

【0063】次に、撮像素子40は、広視野顕微鏡の観察像を撮像し、その画像信号を出力する。この撮像素子40から出力された画像信号は、A/Dコンバータ13によりデジタル化され、画像データとして4ラインバッファ14及び空間フィルタ15に送られる。

【0064】4ラインバッファ14は、A/Dコンバータ13からの画像データを逐次取り込み、1ライン分、2ライン分、3ライン分、4ライン分だけそれぞれ遅延して第2ラインから第5ラインまでの画像データを空間フィルタ15に送出する。

【0065】この空間フィルタ15は、上記同様に、復元の処理における無近接法に基づく係数マトリックス k を用い、4ラインバッファ14とA/Dコンバータ13から逐次出力される画像データに対して空間フィルタ処理して無近接法に基づく復元像の画像データを出力する。

【0066】この画像データは、D/Aコンバータ41によりアナログの画像信号に変換され、モニタテレビジョン39に送出され、表示される。なお、係数マトリックス k を変更する場合は、新たな係数マトリックス k をCPU11から各係数レジスタ21～25に送り、さらにCPU11から係数変更信号を空間フィルタ15の各係数ラッチ回路26～30に送ることにより、これら係数ラッチ回路26～30で新たな係数マトリックス k をラッチする。

【0067】このように上記第2の実施の形態によれば、通常の深さ方向の分解能が低い広視野顕微鏡に適用しても、この広視野顕微鏡の画像をリアルタイムで無近接法処理して、実際の試料の輝度分布に近い断面像とし

て観察できる。

【0068】なお、上記第2の実施の形態は、次の通りに変形してもよい。例えば、上記構成を並置してRGB成分を独立に並列処理すれば、カラー画像にも対応できるものであり、この場合、RGB成分毎に対応して個別に最適化した係数マトリックス k を用いると効果的である。

【0069】

【発明の効果】以上詳記したように本発明の請求項1及び2によれば、画像をリアルタイムに復元処理し、試料の輝度分布に近い画像を得ることができる画像処理装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる画像処理装置を共焦点レーザ走査顕微鏡に適用した第1の実施の形態を示す構成図。

【図2】同装置における空間フィルタの具体的な構成図。

【図3】ディラックのデルタ関数及び点像分布関数の理論値を示す模式図。

【図4】本発明に係わる画像処理装置を広視野光学顕微鏡に適用した第2の実施の形態を示す構成図。

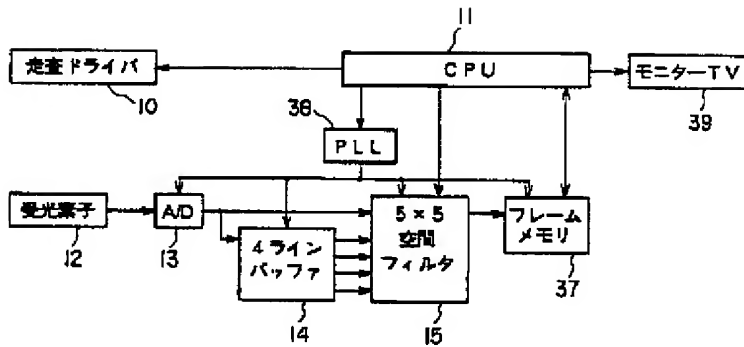
【図5】積層画像から簡易的にボケを除去する復元アルゴリズムを説明するための模式図。

【図6】無近接法を適用した共焦点レーザ走査顕微鏡の構成図。

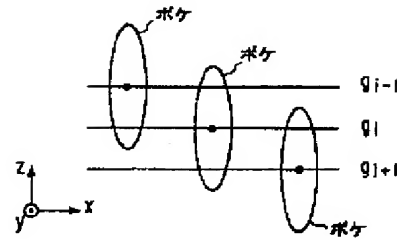
【符号の説明】

- 10…走査ドライバ、
- 11…CPU、
- 12…受光素子、
- 14…4ラインバッファ、
- 15…空間フィルタ、
- 15-1～15-5…第1～第5のブロック、
- 16～20…データラッチ回路、
- 21～25…係数レジスタ、
- 26～30…係数ラッチ回路、
- 31～35…乗算部、
- 36…加算器、
- 37…フレームメモリ、
- 38…位相同期ループ(PLL)、
- 39…モニタテレビジョン、
- 40…撮像素子、
- 42…同期分離回路。

【図1】

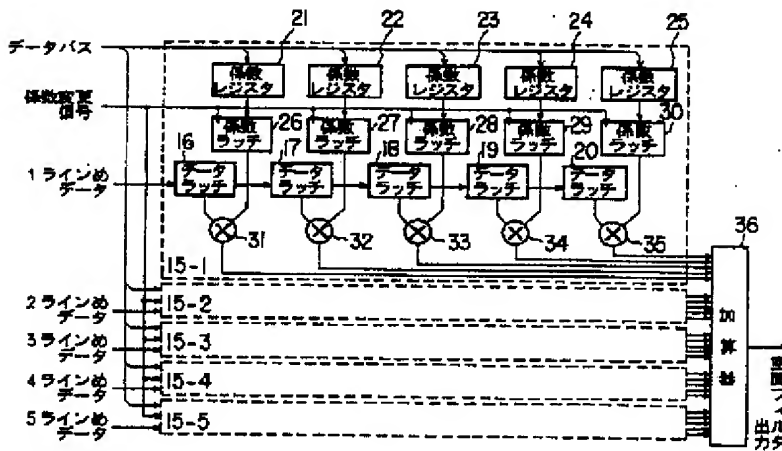


【図5】



【図6】

【図2】



【図3】

【図4】

